

5

**Verfahren und Vorrichtung zur Nachbehandlung eines Abgases einer Verbrennungsmaschine.**

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Nachbehandlung eines Abgases einer Verbrennungsmaschine mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 4 angegebenen Merkmalen.

Stand der Technik

15

Vorrichtungen der eingangs genannten Art, mit denen eine mit dem Abgas einer Verbrennungsmaschine zu mischende Substanz in dosierten Mengen in eine vom Abgas durchströmte Abgasleitung gesprüht wird, sind zu zwei verschiedenen Zwecken bekannt.

20

- Zum einen wird eine Harnstoff-Wasser-Lösung (HWL) in das Abgas von Dieselmotoren eingedüst, um den Anteil der Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) im Abgas zu vermindern. Der Harnstoff der eingedüsten Lösung wird hier in der Abgasleitung selbst oder in einem ggf. in der Abgasleitung angeordneten Hydrolysekatalysator zu Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) umgesetzt, das in einem nachgeschalteten SCR-Katalysator die Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) unter Bildung von Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) reduziert. Die Zufuhr der Harnstoff-Wasser-Lösung erfolgt entweder mit Luftunterstützung durch ein in den Abgasstrom ragendes Dosierrohr oder
- 25
- 30 mittels eines gekühlten Einspritzventils. In beiden Fällen lässt sich

insbesondere bei geringen Abgasgeschwindigkeiten nicht vermeiden, dass ein Teil der Harnstoff-Wasser-Lösung auf die Wand der Abgasleitung trifft, was dort insbesondere bei niedrigen Abgas- oder Wandtemperaturen zur Bildung von Ablagerungen von Harnstoff oder Harnstoffreaktionsprodukten führt. In diesen Ablagerungen werden Harnstoff oder Harnstoffreaktionsprodukte gespeichert, die zu einem späteren Zeitpunkt in unerwünschter Weise wieder freigesetzt werden können und insbesondere bei einer transienten Betriebsweise des Motors einen reibungslosen optimierten Entstickungsprozess beeinträchtigen können. Die Ablagerung können außerdem zu einer Erhöhung des Strömungswiderstands der Abgasleitung und damit zu einer Beeinträchtigung der Abgasströmung führen.

Zum anderen wird zur nachmotorischen Erwärmung von Abgas von Verbrennungsmotoren Kraftstoff in das Abgas eingespritzt, um die zur Regeneration eines nachgeschalteten NO<sub>x</sub>-Katalysators oder Dieselpartikelfilters (DPF) erforderlichen Abgastemperaturen zu erreichen. Der Kraftstoff wird hier zumeist gezielt auf einen Wandabschnitt der Abgasleitung gespritzt, um den Kraftstoff durch den Kontakt mit der aufgeheizten Leitungswand schneller als allein durch Zufuhr in das heiße Abgas zu verdampfen. Da jedoch die Abgasleitung u.a. durch den Fahrtwind des Kraftfahrzeugs mehr oder weniger stark abgekühlt wird, kann nicht immer gewährleistet werden, dass die Wandtemperatur der Abgasleitung über den Siedetemperaturen der höhermolekularen Bestandteile der verwendeten handelsüblichen Kraftstoffe liegt.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den im Anspruch 1 bzw. 4 genannten Merkmalen bieten demgegenüber den Vorteil, dass die Temperatur des innerhalb der Abgasleitung angebrachten Prallblechs wegen geringerer Wärmeverluste im Allgemeinen höher als diejenige einer benachbarten Wand der Abgasleitung ist. Dies bewirkt auch eine schnellere Aufheizung der in den Abgasstrom gesprühten Substanz beim Auftreffen auf das in Sprühhichtung der Sprüheinrichtung angeordnete Prallblech bzw. dessen der Sprüheinrichtung gegenüberliegende Prallfläche.

10

Bei einem Einsatz des Verfahrens und der Vorrichtung zur Eindüsung eines flüssigen oder festen Reduktionsmittels in den Abgasstrom hat sich gezeigt, dass diese beschleunigte Aufheizung des Reduktionsmittels und die im Falle eines SCR-Prozesses dadurch bewirkte schnellere Umsetzung des Harnstoffs in seine Folgeprodukte zu einer Verminderung der Ablagerungen in der Abgasleitung führt, wodurch eine unerwünschte Speicherung von Reduktionsmittel in derartigen Ablagerungen vermieden und eine Verbesserung der Dynamik und Umsätze bei Abgastests erreicht werden kann, bei denen insbesondere in USA und Japan viele Betriebspunkte im Bereich geringer Abgastemperaturen  $< 250^{\circ}\text{C}$  liegen.

Bei einem Einsatz des Verfahrens und der Vorrichtung zur nachmotorischen Verbrennung durch Kraftstoffeinspritzung in das Abgas führt die beschleunigte Aufheizung des Kraftstoffs zu einer schnelleren Verdampfung und damit zu einer Beschleunigung der exothermen Oxidation des Kraftstoffs, durch die das Abgas zur Regeneration des Katalysators bzw. zum Abbrennen des Dieselpartikelfilters aufgeheizt wird. Zwecks weiterer Beschleunigung der Verdampfung kann es dabei von Vorteil sein, eine dünne Beschichtung aus einem

30

porösen keramischen Werkstoff, einer Metallwolle oder einem anderen geeigneten Material auf das Prallblech aufzubringen, womit sich der Flächeninhalt der Prallfläche vergrößern lässt.

- 5 Allgemein gesprochen kann durch das erfindungsgemäße Prallblech die Geschwindigkeit eines Stoffumsatzes bzw. einer Änderung des Aggregatzustands der in den Abgasstrom zugeführten Substanz erhöht werden, was bei der nachfolgenden Abgasbehandlung häufig von Vorteil ist.

10

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Prallblech eine geringe Wärmekapazität aufweist, so dass es sich infolge seiner geringen thermischen Trägheit sehr schnell auf die Temperatur des Abgases aufheizt, und dass das Prallblech zur Befestigung in der Abgasleitung durch schlecht wärmeleitende Verbindungselemente mit deren Wand verbunden ist, so dass bei höheren Fahrgeschwindigkeiten und einer durch den Fahrtwind verursachten stärkeren Abkühlung der Wand nur wenig Wärme vom Prallblech an diese abgeführt wird.

15

20

Um die Vermischung der vom Prallblech abdampfenden Substanz mit dem am Prallblech vorbeiströmenden Abgas zu verbessern, sieht eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung vor, dass das Abgas in Strömungsrichtung hinter dem Prallblech verwirbelt wird, vorzugsweise durch einen in Strömungsrichtung hinter der Prallfläche angeordneten statischen Mischer, der die Turbulenz des Abgasstroms hinter der Prallfläche verstärkt und somit dort für eine verbesserte Durchmischung des Abgasstroms sorgt.

25

Um für eine sichere Befestigung und eine definierte Lage des Prallblechs im Auspuffrohr und in Bezug zur Sprüheinrichtung zu sorgen, ist das Prallblech vorzugsweise derart röhrenförmig gebogen, dass es in einem geringen Abstand von der Wand der Abgasleitung koaxial in dieser montiert werden kann, und weist ein abgeschrägtes Stirnende auf, durch das die Substanz aus einer unter einem spitzen Winkel zur Strömungsrichtung des Abgases ausgerichteten Sprühdüse der Sprüheinrichtung auf eine der Sprühdüse gegenüberliegende Prallfläche auf der Innenseite des Prallblechs gesprüht werden kann.

Um eine kostengünstige Herstellung der Vorrichtung zu ermöglichen, wird das Prallblech bevorzugt zusammen mit den zur Befestigung in der Abgasleitung dienenden Verbindungselementen und zusammen mit dem zur Verwirbelung des Abgases dienenden statischen Mischer, soweit vorgesehen, als Stanz- und Biegeteil aus dünnem Metallblech geformt, das zur Vermeidung von Korrosion zum Beispiel aus nichtrostendem Stahl bestehen kann.

Die Erfindung wird nachfolgend in zwei Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Längsschnittansicht eines Teils eines Kraftfahrzeugauspuffrohrs mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Figur 2 eine Querschnittsansicht entlang der Linie II-II der Figur 1;

- Figur 3 eine Längsschnittansicht eines Teils eines Kraftfahrzeugauspuffrohrs mit einer abgewandelten erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- 5 Figur 4 eine Querschnittsansicht entlang der Linie IV-IV der Figur 3;
- Figur 5 eine Abwicklung eines Prallblechs der erfindungsgemäßen Vorrichtung aus Figur 3 und 4.

10

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

- Figur 1 zeigt einen kurzen Abschnitt eines Abgas- oder Auspuffrohrs 2 eines Kraftfahrzeugs mit Dieselmotor zwischen dem letzteren (nicht dargestellt) und einem an der rechten Seite der Figur 1 noch teilweise
- 15 dargestellt) und einem an der rechten Seite der Figur 1 noch teilweise dargestellten Katalysator 4, in welchem im Auspuffabgas enthaltene Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) durch Umsetzung mit Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) unter Bildung von Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) reduziert werden.
- 20 Zur Erzeugung des Ammoniaks, das zur Reduktion der Stickoxide im Katalysator 4 benötigt wird, wird in Strömungsrichtung vor dem Katalysator 4 in an sich bekannter Weise eine Harnstoff-Wasser-Lösung durch eine Sprühdüse 6 eines gekühlten Einspritz- oder Dosierventils 8 in das durch das Auspuffrohr 2 strömende Abgas gesprüht. Die
- 25 Sprühdüse 6 wird von einem Adapter 10 gehalten, der in die zylindrische Wand des Auspuffrohrs 2 eingesetzt ist, und ist gegenüber der Längsachse 12 des Auspuffrohrs 2 geneigt, so dass ein aus der Sprühdüse 6 austretender konvergierender Sprühstrahl oder Sprüh-

nebel 14 unter einem spitzen Winkel  $\alpha$  zur Strömungsrichtung (Pfeil S) des Abgases in das Auspuffrohr 2 eintritt.

Um zu verhindern, dass der Sprühstrahl oder Sprühnebel 14 auf einen der Sprühdüse 6 gegenüberliegenden Abschnitt der während der Fahrt des Kraftfahrzeugs durch den Fahrtwind gekühlten Wand 16 des Auspuffrohrs 2 trifft, ist unmittelbar hinter der Sprühdüse 6 ein dünnes Prallblech 18 innerhalb des Auspuffrohrs 2 angebracht, das mit einem in Richtung der Sprühdüse 6 weisenden Teil seiner Innenseite 20 eine Prallfläche 22 für die bis zum Prallblech 18 gelangenden Tröpfchen des Sprühstrahls oder Sprühnebels 14 bildet.

Das Prallblech 18 besteht aus einem röhrenförmig gebogenen Metallblech das coaxial in das im Querschnitt kreisförmige Auspuffrohr 2 eingesetzt ist und einen im Vergleich zum Durchmesser des Auspuffrohrs 2 etwas kleineren Durchmesser aufweist, so dass zwischen der Wand 16 des Auspuffrohrs 2 und der Außenseite des Prallblechs 18 ein Ringspalt 24 mit einer Spaltweite von einigen Millimetern frei bleibt. Zur Befestigung des Prallblechs 18 dienen mehrere den Ringspalt 24 überbrückende Distanzfüße 26 aus einem schlecht wärmeleitenden Material, um die Wärmeabfuhr von dem vom heißen Abgas umströmten Prallblech 18 auf die vom Fahrtwind gekühlte Wand 16 des Auspuffrohrs 2 zu minimieren.

Das in Strömungsrichtung vordere, zur Sprühdüse 6 benachbarte Stirnende 28 des röhrenförmigen Prallblechs 18 ist abgeschrägt, wobei der längere Wandabschnitt mit der Prallfläche 22 der Sprühdüse 6 gegenüberliegt, so dass der aus der Sprühdüse 6 austretende Sprühstrahl oder Sprühnebel 14 durch das abgeschrägte Stirnende



28 des röhrenförmigen Prallblechs 18 hindurch auf die Prallfläche 22 trifft und diese mit der Harnstoff-Wasser-Lösung benetzt.

Die Materialstärke des Prallblechs 18 ist verhältnismäßig gering, d.h.  
5 geringer als die Stärke der Wand 16 des Auspuffrohrs 2, so dass es sich infolge seiner geringen Wärmekapazität und der schlechten Wärmeleitung der Distanzfüße 28 sehr schnell auf die Temperatur der heißen Auspuffgase aufheizt und anders als die von außen gekühlte Wand des Auspuffrohrs 2 diese Temperatur auch beibehält.  
10 Somit heizt sich auch die auf die Prallfläche 22 auftreffende Harnstoff-Wasser-Lösung schnell auf und dampft von der Prallfläche 22 ab, so dass sich selbst bei geringen Abgasgeschwindigkeiten und/oder niedrigen Abgastemperaturen hinter der Prallfläche 22 keine Ablagerungen von Harnstoff oder Reaktionsprodukten des Harnstoffs im Auspuffrohr 2 oder am Prallblech 18 bilden.  
15

Wegen der geringen Materialstärke des Prallblechs 18 wird der Strömungswiderstand im Auspuffrohr 2 durch den Einbau des Prallblechs 18 nicht wesentlich vergrößert.

20

Um für eine bessere Durchmischung des von der Prallfläche 22 abgedampften Reduktionsmittels mit den Auspuffabgasen zu sorgen, kann fakultativ hinter der Prallfläche 22 ein in Figur 1 schematisch als Leitschaufel dargestellter statischer Mischer 30 angeordnet werden,  
25 der für eine intensive Verwirbelung des Reduktionsmittels mit dem Auspuffabgas sorgt.

Die Figuren 3 bis 5 zeigen ein ähnliches Prallblech 18, das jedoch bei einer nachmotorischen Erwärmung eines Auspuffabgases  
30 zwecks Regeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators oder eines



Dieselpartikelfilters (nicht dargestellt) eingesetzt wird, wobei an Stelle der Harnstoff-Wasser-Lösung eine dosierte Menge Kraftstoff durch die Sprühdüse 6 in das Auspuffrohr 2 eingespritzt wird.

- 5 Das Prallblech 18 ist hier auf einem der Sprühdüse 6 zugewandten Teil seiner Innenseite 20 mit einer Beschichtung aus Metallwolle 31 versehen, durch die der Flächeninhalt dieser vom Sprühstrahl oder Sprühnebel 14 benetzten Prallfläche 22 vergrößert wird.
- 10 Außerdem ist der statische Mischer 30 hier einstückig mit dem Prallblech 18 ausgebildet, wobei er aus einem in Form eines Kreissektors 32 über den hinteren Rand eines Blechzuschnitts 34 des Prallblechs 18 überstehenden und durch eine dünne Materialbrücke 36 mit dem  
15 Zuschnitt 34 verbundenen Teil 32 des Blechs besteht, wie in Figur 5 dargestellt, der nach dem Biegen des Zuschnitts 34 zu einer Röhre nach innen in die Röhre hinein gebogen wird, wie am besten in Figur 3 und 4 dargestellt. Der umgebogene und mit seiner Spitze 38 an der Innenseite 20 des röhrenförmigen Prallblechs 18 fixierte Teil 32 des Blechs sorgt für eine gute Verwirbelung des Auspuffabgases beim  
20 Austritt aus dem Prallblech 18 und damit für eine gute Durchmischung dieses Abgases mit dem darin und auf der heißen Prallfläche 22 verdampften Kraftstoff. Auch die Distanzfüße 26 werden hier von Teilen des Prallblechs 18 gebildet, die in Form von schmalen Zungen über die beiden entgegengesetzten Stirnränder 40, 42 des Zuschnitts  
25 34 überstehen.

## 5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Nachbehandlung eines Abgases einer Verbrennungsmaschine, bei dem eine mit dem Abgas zu mischende Substanz in dosierten Mengen in eine vom Abgas durchströmte Abgas-  
10 leitung gesprüht wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Substanz auf ein innerhalb der Abgasleitung (2) angeordnetes Prallblech (18) gesprüht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
15 die Substanz durch eine Sprühdüse (6) in die Abgasleitung (2) und auf das in Sprührichtung der Sprühdüse (6) angeordnete Prallblech (18) gesprüht wird.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **da-**  
20 **durch gekennzeichnet**, dass das Abgas in Strömungsrichtung hinter dem Prallblech (18) verwirbelt wird.
4. Vorrichtung zur Nachbehandlung eines Abgases einer Verbrennungsmaschine, mit einer Einrichtung zum dosierten Ein-  
25 sprühen einer mit dem Abgas zu vermischenden Substanz in eine vom Abgas durchströmte Abgasleitung, **gekennzeichnet durch** ein innerhalb der Abgasleitung (2) in Sprührichtung der Einrichtung (6, 8) angeordnetes Prallblech (18).

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prallblech (18) eine geringe Wärmekapazität aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prallblech (18) durch mindestens ein Verbindungselement (26) mit einer geringen thermischen Leitfähigkeit mit der Abgasleitung (2) verbunden ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prallblech (18) eine Prallfläche (22) aufweist, die einer Sprühdüse (6) der Einrichtung (6,8) gegenüberliegt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prallblech (18) mindestens im Bereich der Prallfläche (22) mit einer den Flächeninhalt der Oberfläche vergrößernden Beschichtung (31) versehen ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **gekennzeichnet durch** einen in Strömungsrichtung hinter der Prallfläche (22) angeordneten statischen Mischer (30).
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mischer (30) einstückig mit dem als Stanz- und Biegeteil hergestellten Prallblech (18) ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prallblech (18) röhrenförmig ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Sprühdüse (6) der Einrichtung (6, 8) unter einem spitzen

Winkel ( $\alpha$ ) zur Strömungsrichtung (S) des Abgases ausgerichtet ist und die Substanz durch ein abgeschrägtes Stirnende (28) des Prallblechs (18) auf eine der Sprühdüse (6) gegenüberliegende Prallfläche (22) sprüht.

5

10

15

20

25

## **Zusammenfassung**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Nachbehandlung eines Abgases einer Verbrennungsmaschine, wobei eine mit dem Abgas zu mischende Substanz in dosierten Mengen in eine vom Abgas durchströmte Abgasleitung (2) eingesprüht wird.

10 Es wird vorgeschlagen, dass die Substanz auf ein innerhalb der Abgasleitung (2) angeordnetes Prallblech (18) gesprüht wird.

(Figur 1)

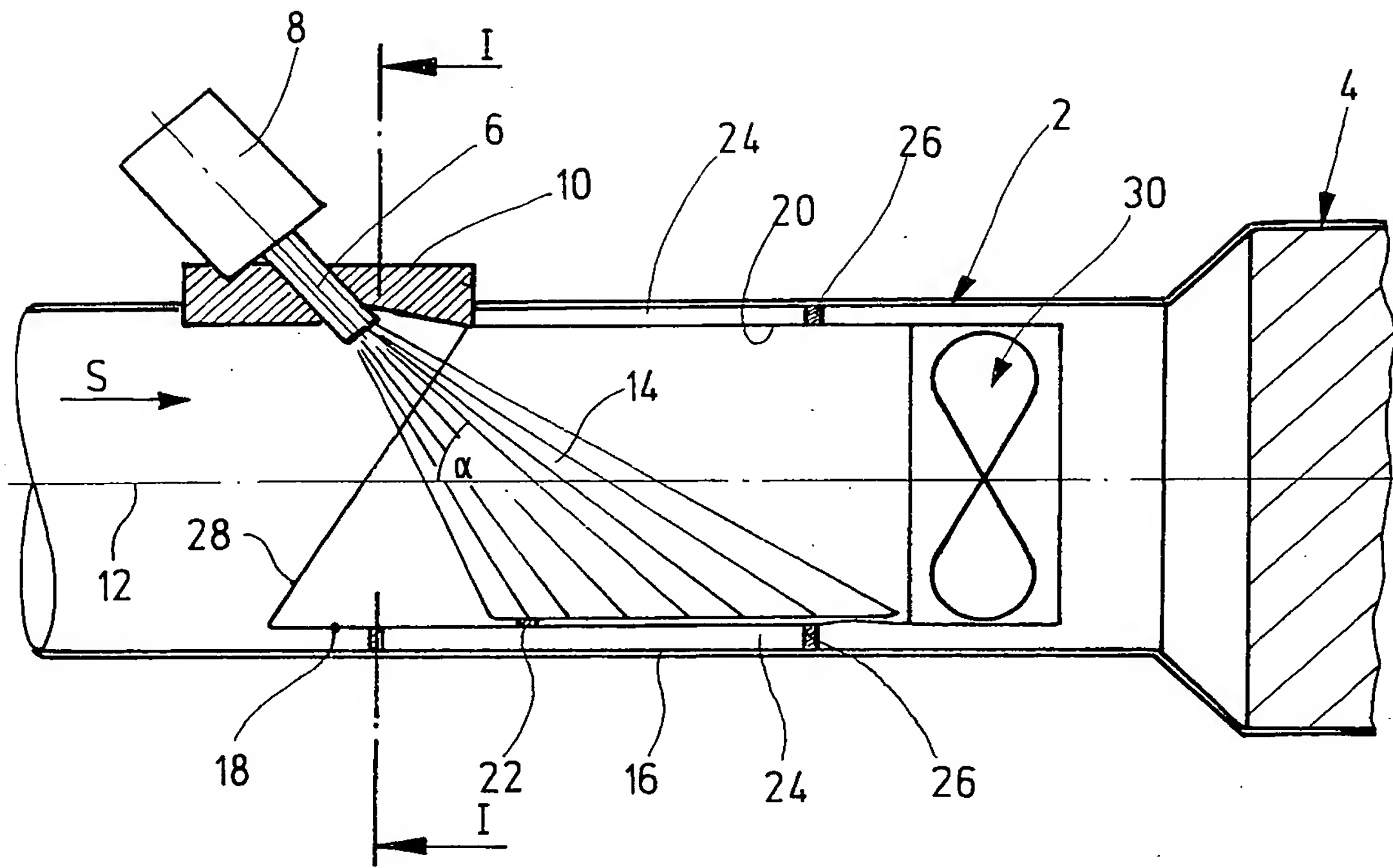


Fig.1

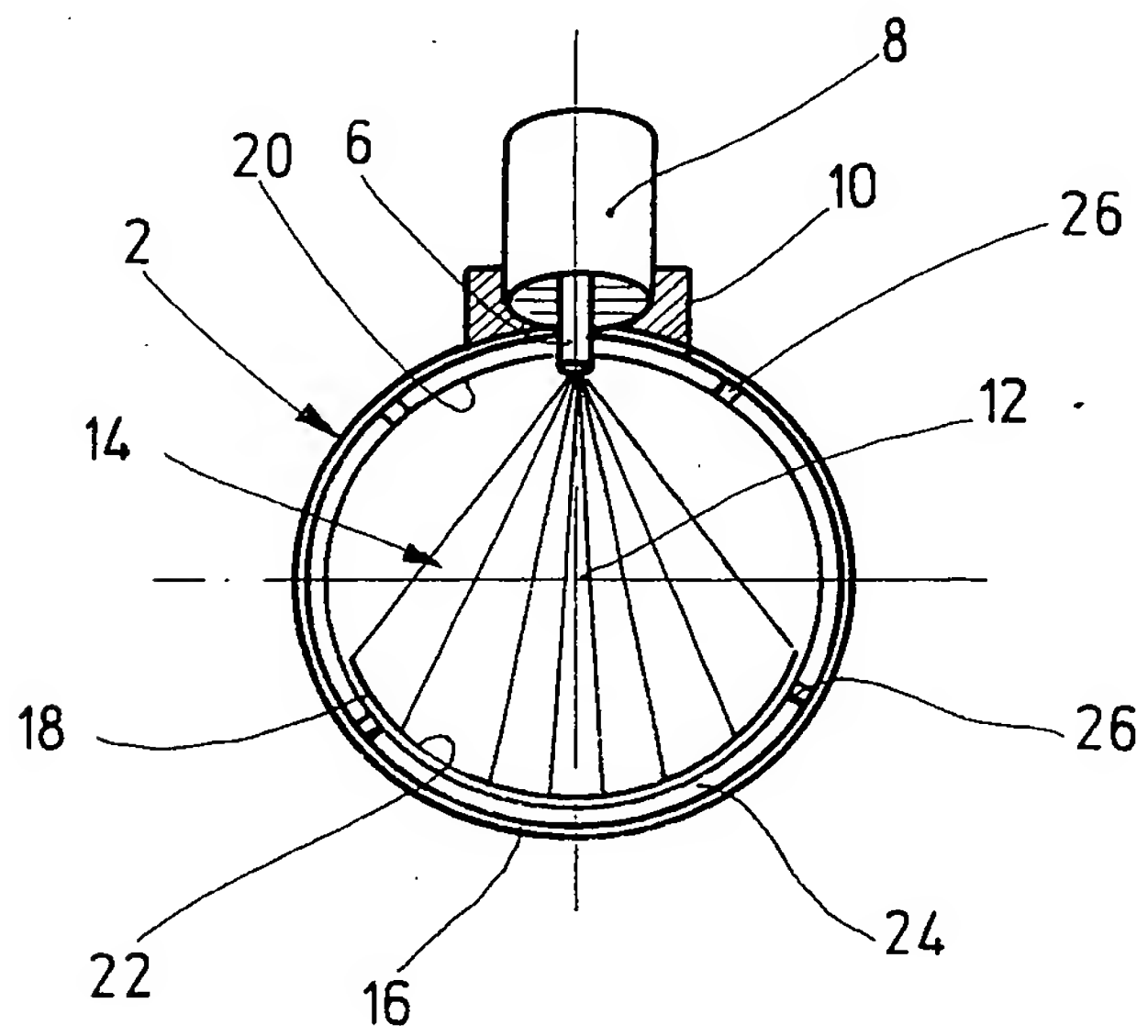


Fig.2

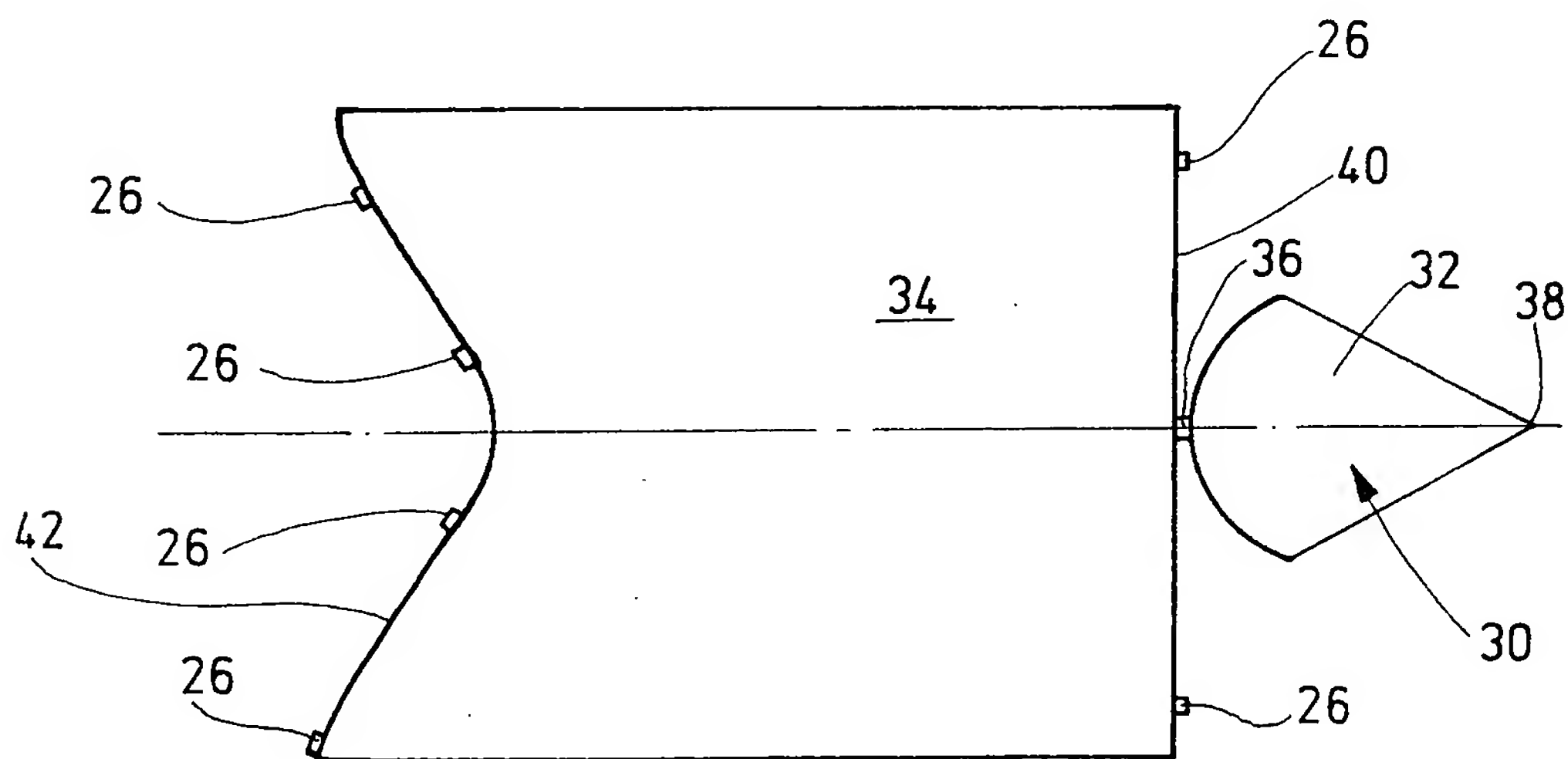
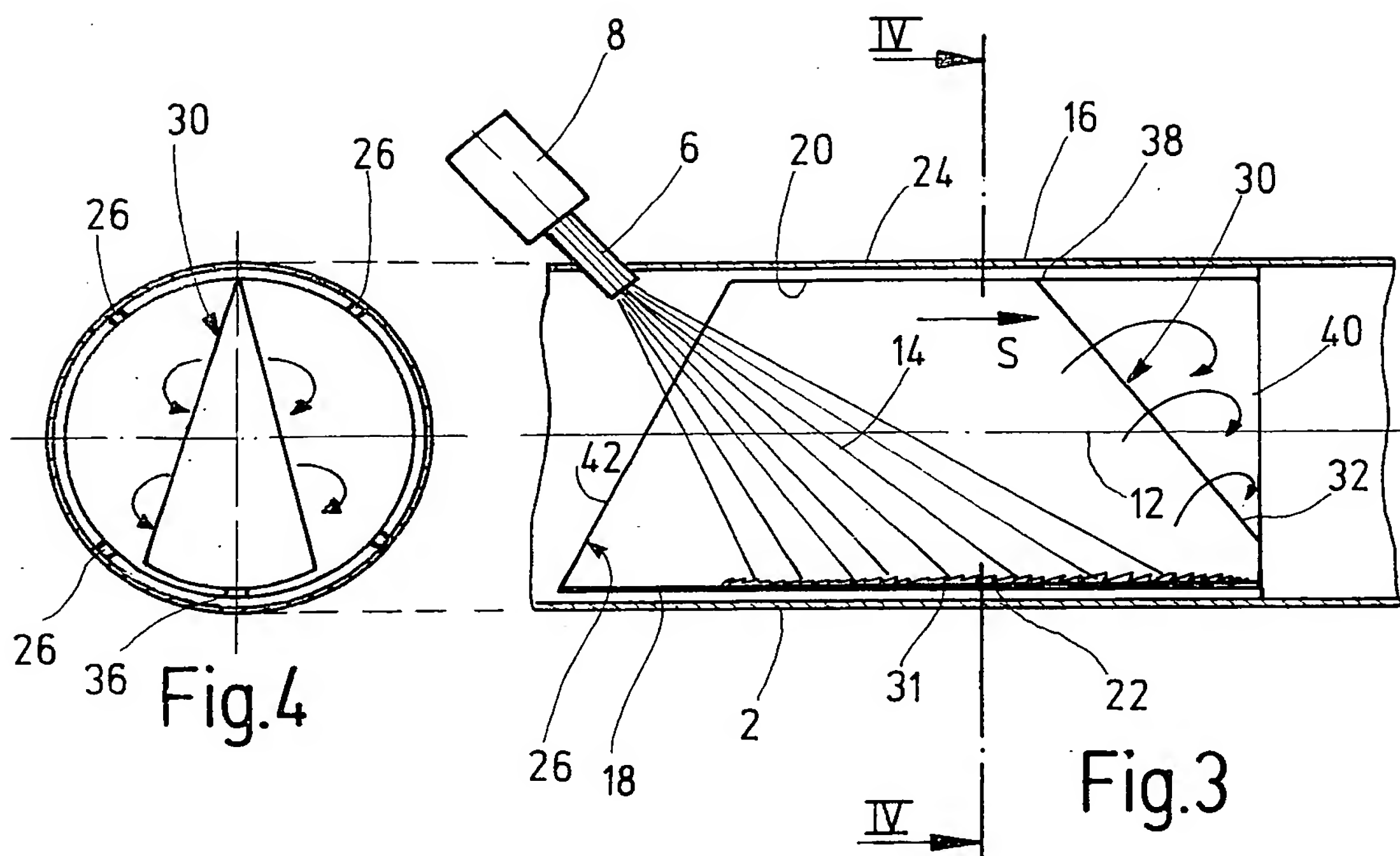


Fig.5